

SERVICIO ECOSISTÉMICO DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL SUELO EN EL SECTOR COMUÑIZ DE LA RESERVA COMUNAL YÁNESHAYesica Schmidt¹, Edilberto Chuquilin², Ronald Puerta³

Recepción: 13 de marzo de 2014

Aceptado: 16 de noviembre de 2014

Resumen

El estudio de investigación tuvo la finalidad de evaluar el servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en el suelo en el Sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha. Se realizó en el área de la Reserva Comunal Yánesha, en el departamento de Pasco, provincia de Oxapampa, distrito de Palcazú, el Área Natural Protegida tiene un superficie total de 34,744.70 ha; ubicado en la formación vegetal de bosque húmedo tropical (bh-T) y bosque pluvial Premontano Tropical (bp-PT), con una zona transicional bosque muy húmedo Premontano Tropical. Estableciendo cuatro (04) fases fundamentales, y un análisis de correlación de Pearson, obteniéndose como resultados la presencia de mayor cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo, con 120.2853 t/ha y 80.0102 t/ha, entre las gradientes altitudinal 1 (300-560 msnm) y gradiente altitudinal 5 (1340-1600 msnm) respectivamente; así mismo, el mayor contenido de carbono almacenado en hojarasca se encontró entre la gradiente altitudinal 2 (560-820 msnm), con 2.8920 t/ha; y la mayor cantidad de carbono almacenado en raíces se presenta en la gradiente altitudinal 2 (560-820 msnm), con 25.9375 t/ha.

Palabras clave: servicio ecosistémico, carbono almacenado, suelo, gradiente altitudinal, hojarasca, raíces.

Abstract

The study investigation had the finally to evaluate the ecosystem service of carbon storage in the soil, in Comuñiz Sector of the Communal Reserve Yánesha. The research was conducted in the Communal Reserve Yánesha area, in department of Pasco, province of Oxapampa, district of Palcazú; the Protected Natural Area have a total superficies of 34,744.70 ha; located in the vegetation formation of tropical humid forest and tropical premontane rainy forest, at forest transitional zone very humid tropical premontane. It is established four (04) fundamental phases, implementing a correlation analysis of Pearson; obtaining as outcomes the presence of higher quantity of storage organic carbon in the soil, with 120.2853 ton/ha and 80.0102 ton/ha, between the altitudinal gradients 1 (300-560 meters above sea level) and altitudinal 5 (1340-1600 meters above sea level) respectively; thus, the highest content of storage carbon in leaf litter was found between the gradients altitudinal 2 (560- 820 meters above sea level), with 2.8920 ton/ha; and the highest content of storage carbon in roots was found in the altitudinal gradients 2 (560-820 meters above sea level), with 25.9375 ton/ha.

Key words: ecosystem service, storage carbon, soil, altitudinal gradient, leaf litter, roots.

¹ Bachiller de la Facultad de Recursos Naturales Renovables - Ciencias Ambientales, UNAS, email: Yesica.r.schmidt@gmail.com.

² Blgo. Docente Asociado de la Facultad de Recursos Naturales Renovables – UNAS.

³ Ing. RNR. Docente Contratado de la Facultad de Recursos Naturales Renovables – UNAS.

Introducción

La creación de Áreas Naturales Protegidas constituye hasta hoy una de las mejores estrategias para conservar la biodiversidad existente, a cuya gestión se suman las instituciones públicas de nivel nacional, regional y local; así como todos los actores privados vinculados a ellas. Estas áreas por el mismo hecho de conservar los recursos naturales, también aseguran la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos, proporcionándonos además una serie de servicios ambientales, así como distintos tipos de comunidades naturales, paisajes y formas fisiográficas (1).

La Reserva Comunal Yánesha, es un área poco conocida y promocionada para realizar estudios de bienes y servicios ambientales dentro de su área, por lo que no existe suficiente información como base o para proporcionar a la comunidad científica local y nacional. En dicha reserva no se tiene conocimiento sobre la dinámica del carbono, la relación de carbono con los tipos de ecosistemas paisajísticos, tipos de bosques, ni la cantidad de carbono almacenado a diferentes altitudes.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Reserva Comunal Yánesha (RCY), políticamente se encuentra ubicado en el departamento de Pasco, provincia de Oxapampa, distrito de Palcazú; de acuerdo a la clasificación ecológica de las zonas de vida de HOLDRIDGE, se encuentra ubicada en la formación vegetal de bosque húmedo Tropical (bh-T) y bosque pluvial Premontano Tropical (bp-PT), con una zona transicional bosque muy húmedo Premontano Tropical (2). Para la localidad de Iscozacín, capital del distrito de Palcazú, se registra una temperatura promedio de 25.11 °C; humedad relativa promedio de 92.48%, y precipitación acumulada desde noviembre del 2012, hasta octubre del 2013, de 4270.65 mm.

Materiales, herramientas y equipos

Dimensionador de madera de 0.25 m², hilo rafia, bolsas de plástico, costales de 50 Kg, cinta de embalaje, papel periódico, plumón indeleble, libreta de campo, etiquetas, estacas de madera, cilindro de muestreo, recipientes de plástico, tamiz 2 mm, machete, martillo, pala recta, wincha de 60 m, cinta métrica, GPS marca Garmin, modelo Montana 650, Computadora portátil, estufa, balanza digital y cámara digital.

Metodología

Se realizó en cuatro (04) fases fundamentales: inicial de gabinete, de campo, de laboratorio y de gabinete.

Fase inicial de gabinete

Se reconoció el área de estudio de acuerdo al mapa de ubicación de la Reserva Comunal Yánesha, para estratificarla en unidades homogéneas; se tuvo en cuenta las unidades fisiográficas existentes. El mapa altitudinal se elaboró teniendo como insumo principal, las curvas de nivel del IGN, tiene un distanciamiento altitudinal de 40 m; se elaboró el modelo digital de elevación, a fin de poder determinar las geoformas, de acuerdo a los siguientes valores que se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Rango altitudinales de muestreo en la Reserva Comunal Yánesha

Rangos altitudinales de muestreo	Rango de altitudes (msnm)
Gradiente Altitudinal 1	300 – 560
Gradiente Altitudinal 2	560 – 820
Gradiente Altitudinal 3	820 - 1080
Gradiente Altitudinal 4	1080 - 1340
Gradiente Altitudinal 5	1340 - 1600

Diseño de muestreo

Se delimitó los espacios muestrales mediante un diseño de muestreo al azar estratificado (3), para ello se trabajó con cinco parcelas temporales de 1000 m² (50m x 20m) (4) ubicadas al azar dentro de los gradientes altitudinales. Cada una de las parcelas se dividió en dos sub parcelas de 50 x 10 m (5); una de las sub parcelas se utilizó para el muestreo de hojarascas, la cual fue dividida en 10 partes iguales; en la segunda sub parcela de 50 x 10 m se estableció dos parcelas de 25 x 10 m para el muestreo de suelo (COS) y raíces; en cada una de las parcelas se ubicó un área de 1 m² (6). La obtención de las muestras para el análisis de pH y textura se obtuvo de la mezcla de suelo de cada una de las profundidades establecidas para el muestreo de suelo (COS).

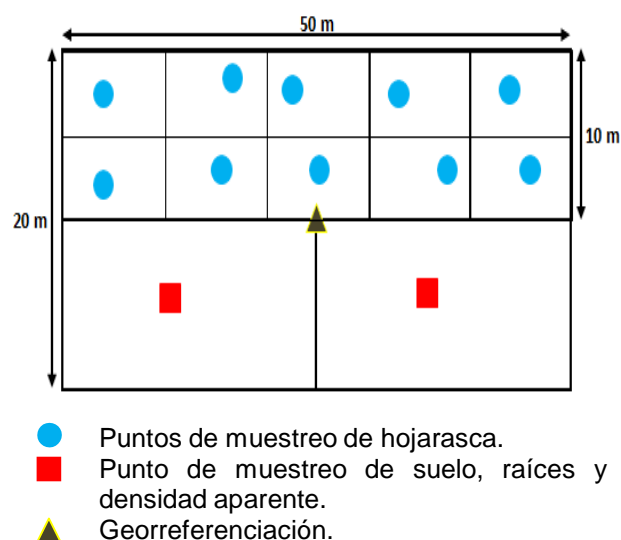


Figura 1. Esquema general de muestreo de campo

Fase de campo

Obtención de muestras de suelo

Se ubicó los puntos de muestreo en cada uno de los gradientes altitudinales. Una vez delimitado la parcela experimental de 50 x 20 m (4), que a su vez se dividió en dos sub parcelas de 50 x 10 m, de las cuales una sub parcela se dividió en dos áreas de 25 x 10 m, y en cada una de ellas se ubicó un área de 1 m² (7), para cavar cuatro calicatas de 0.30 m x 0.30 x 0.30 m de profundidad, como se muestra en la Figura 2, posterior a ello se definió las profundidades de muestreo en los siguientes rangos en cada una de las calicatas: 0 – 0,1 m; 0,1 – 0,2 m, 0,2 – 0,3 m (7-8); por cada rango de muestreo con la ayuda de una pala recta se tomó una muestra de suelo de aproximadamente 0.5 Kg (6).

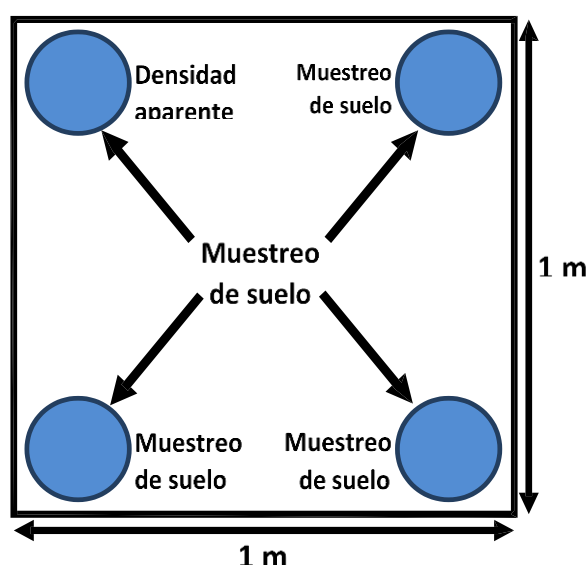


Figura 2. Diagrama de muestreo de carbono orgánico en el suelo, densidad aparente y raíces (6)

Obtención de muestras para el cálculo de densidad aparente

El muestreo de suelo para el cálculo de densidad aparente se realizó según la Figura 2, en los siguientes rangos de profundidades: 0 – 0,1 m; 0,1 – 0,2 m, 0,2 – 0,3 m. Para la obtención de las muestras se procedió, con la ayuda de un martillo a introducir en el suelo un cilindro de 92.25 cm³, luego se sacó el cilindro lleno de suelo (tierra, piedras, raíces), cuidando no dañar la muestra que se encontró dentro de ella. Se extrajo el suelo contenido en el cilindro y se depositó en bolsas plásticas (5).

Obtención de muestras de hojarascas

Se utilizó un dimensionador de madera de 0.25 m² que fue ubicado dentro de cada una de las 10 divisiones de la sub parcela de 50 x 10 m. (5), se colectó toda la hojarasca, ramitas, semillas, flores,

etc. que se encontró dentro del cuadrante y se depositó en una bolsa plástica codificada.

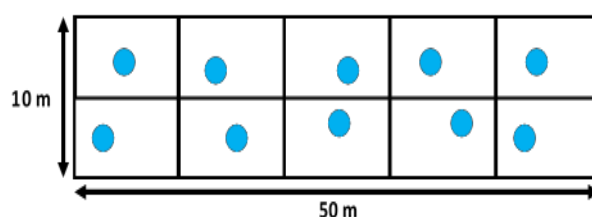


Figura 3. Esquema de muestreo de hojarascas

Obtención de muestras de raíces finas

Se realizó en la misma calicata establecida para el muestreo de densidad aparente y se trabajó a tres profundidades: 0.00 - 0.10 m; 0.10 - 0.20 m y 0.20 - 0.30 m, para lo cual se usó una pala recta y con la ayuda de un machete se extrajo dichas muestras de un área de 0.10 x 0.10 m, siendo luego depositadas en bolsas plásticas codificadas (6).

Fase de laboratorio

Obtención de datos de carbono almacenado en el suelo

Para la determinación de carbono en las muestras de suelo se usó el método de Walkley y Black, datos que fueron proporcionados por el laboratorio como porcentaje de materia orgánica (%MO) para ser convertidos a carbono orgánico al ser multiplicados por un factor según la fórmula mostrada. Antes de ser enviados al laboratorio las muestras fueron secadas bajo sombra, evitando la radiación solar directa sobre las muestras.

Las muestras para el análisis de densidad aparente fueron secadas en una estufa a 75 °C, hasta obtener peso constante, posteriormente se pesó y se procedió al cálculo respectivo (6).

Obtención de datos de carbono en hojarascas

La hojarasca húmeda obtenida de un área de 0.25 m² se pesó en una balanza digital, luego se envolvió con papel periódico para ser secado en una estufa a 75 °C hasta obtener un peso constante, el tiempo fue relativo, dependió del tipo de hojarascas y restos de especies forestales que se encontraron en el lugar de estudio. Habiendo alcanzado el peso constante se procedió a pesarlo en el mismo instante de sacar las muestras de la estufa, para no retener humedad (6).

Obtención de datos de carbono en raíces

Una vez seleccionado las raíces del volumen de suelo (tierra + piedra + raíces) por medio de lavado y tamizado, se procedió a pesarlos en una balanza digital, luego fueron envueltos con papel periódico que a su vez se secaron en una estufa a 75 °C hasta obtener peso constante; una vez transcurrido el tiempo de secado se procedió a obtener el peso seco de las raíces.

Fase final de gabinete

Además de los análisis de laboratorios realizados se realizó el análisis de correlación de Pearson, teniendo una interpretación de acuerdo a los siguientes criterios:

$r = 1$: Correlación perfecta; $0.8 < r < 1$: Correlación muy alta; $0.6 < r < 0.8$: Correlación alta; $0.4 < r < 0.6$: Correlación moderada; $0.2 < r < 0.4$: Correlación baja; $0.0 < r < 0.2$: Correlación muy baja; $r = 0$: Correlación nula.

Cálculos para la obtención de carbono almacenado en el suelo

Para la determinación de carbono almacenado en el suelo, se usó la fórmula propuesta por Walkley y Black: $\text{COS} = \% \text{CO} \times \text{Da} \times \text{Ps}$

Dónde: COS: Carbono orgánico en el suelo (t/ha); $\% \text{CO}$: $0.58 \times \% \text{MO}$ (Walkley y Black, 1938); Da: Densidad aparente (g/cm^3); Ps: Profundidad del suelo (cm). El contenido de carbono fue reportado en kg/ha y transformado a ton/ha

Para determinar el volumen del cilindro y la densidad aparente se usó las siguientes formulas (5-6): $V = \pi r^2 x h$; $\text{Da} = \text{MS}/V$

Dónde: V: Volumen de suelo; π : 3.1416, valor constante; r: Radio del cilindro de muestreo; h: altura del cilindro de muestreo; Da: Densidad aparente; MS: masa seca;

Cálculos para la obtención de carbono almacenado en hojarascas

Para determinar carbono almacenado en hojarascas se usó la fórmula propuesta por ICRAFF (6):

$\text{Biomasa} = \text{Materia seca}$; $\text{CH} = \text{biomasa (t/ha)} \times 0.50$

Dónde: Materia seca: Después del secado en la estufa; CH: Carbono en hojarascas; 0.50: Valor propuesto por IPCC;

Cálculo para la obtención de carbono almacenado en raíces

Para determinar el carbono almacenado en las raíces se usó las fórmulas siguientes ICRAFF (6):

$\text{Biomasa} = \text{Materia seca}$; $\text{Carbono radicular} = \text{biomasa (t/ha)} \times 0.50$

Dónde: Materia seca: Después del secado en la estufa; 0.50: Valor propuesto por el IPCC.

Resultados y discusión

En la Figura 4, se muestra el carbono orgánico almacenado en el suelo (COS) en cada uno de los cinco gradientes altitudinales. Se observa que el

gradiente altitudinal que presenta mayor cantidad de COS, es el gradiente altitudinal 1 (300 a 560 msnm); mientras que el gradiente altitudinal 5 (1340 a 1600 msnm) es el que presenta menor cantidad de COS.

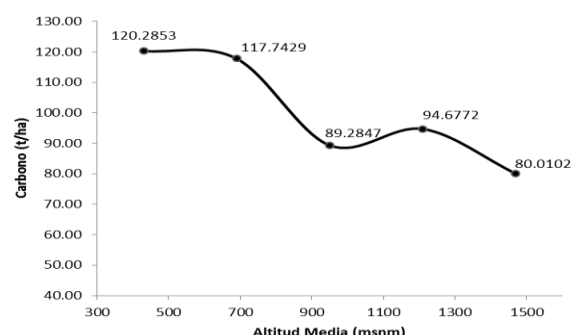


Figura 4. Carbono/hectárea en el suelo en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha

La mayor o menor proporción de materia orgánica está íntimamente relacionada con las condiciones climáticas y ambientales de cada zona, los mismos que explican el 73% de la variación, siendo la altitud la que mayor correlación tiene con la variación del carbono orgánico en el suelo (8); el contenido de carbono orgánico almacenado en el suelo en bosques naturales presenta una relación inversa con la altitud; las variaciones en el contenido de carbono orgánico no solo puede estar influenciada por el incremento de las altitudes, sino que también por el tipo de suelo, cobertura, microclimas, tipo de bosques, pendiente del terreno, etc. (9, 10); Castillo *et al.* (2009), asume que la variación del carbono orgánico en el suelo es debido a las diferencias en las densidades aparentes (11); mientras que Martínez *et al.* (2008) y Montoria y Rodríguez (2004), mencionan que la cantidad de carbono orgánico, no solo depende de las condiciones ambientales, sino que está fuertemente afectada por el manejo del suelo, teniendo en cuenta que existe mayor porcentaje del mismo en suelos cuya cobertura vegetal no ha sido intervenida (12, 13). La Figura 5 se observa una correlación inversa entre la altitud y la cantidad de COS ($r = -0.92$).

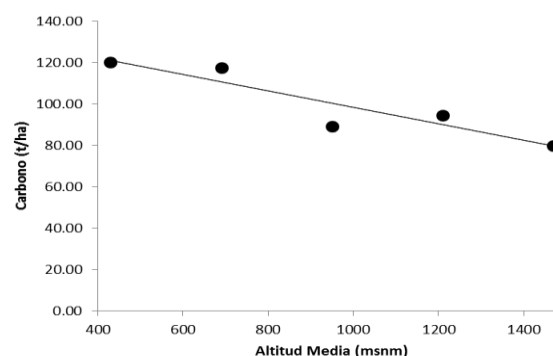


Figura 5. Contenido de carbono orgánico almacenado en el suelo con un ajuste al coeficiente de correlación de Pearson

En la Figura 6 se observa la cantidad de carbono almacenado en hojarasca en cada uno de los cinco gradientes altitudinales. Se observa que el gradiente altitudinal 2 (560 – 820 msnm) es el que presenta mayor cantidad de carbono almacenado, mientras que, el gradiente altitudinal 5 (1340 – 1600 msnm) presenta la menor cantidad de carbono almacenado.

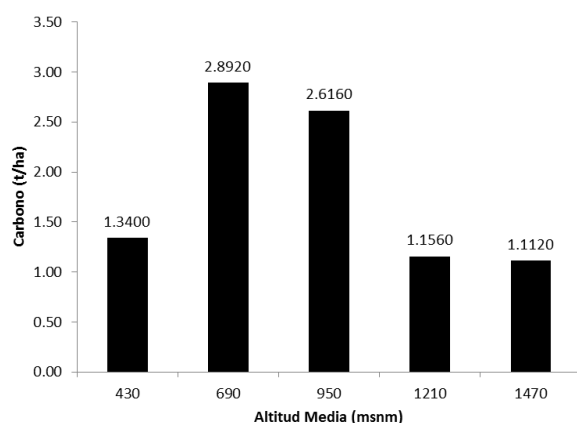


Figura 6. Carbono/hectárea en hojarasca en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha

El tamaño de la hoja decrece en las zonas frías montañosas; por ende, la cantidad de carbono en hojarasca varía enormemente de un lugar a otro (14); la gran variabilidad en la distribución del componente hojas del mantillo puede deberse a varios factores; posiblemente existió un aporte no uniforme de la hojarasca, siendo mayor debajo de las copas de los árboles (15), como también, los troncos de los árboles y la vegetación del sotobosque pueden haber actuado como barreras, frenando el arrastre superficial causado por la escorrentía y el viento (16); el contenido de carbono en la hojarasca depende también, en parte, de las condiciones climáticas del lugar (17; 18) y las posibles variaciones podrían deberse a las altas temperaturas (19), además del grado de descomposición de sus elementos, la composición química y física de los mismos (17). Concha *et al.* (2007) menciona que la mayor o menor acumulación de carbono en las hojarasca se deben a las diferentes edades y la diversidad de especies heterogéneas (20). La concentración de carbono en un tipo de vegetación obedece a la composición florística, estructura, influencia del clima, la fauna y la presencia del hombre en cuestiones de manejo, explotación y cambio de uso del suelo; las interrelaciones con otros organismos, edad y fisiología (17). En la Figura 7, se muestra el análisis de correlación de Pearson, siendo de -0.40, existiendo una correlación inversa baja.

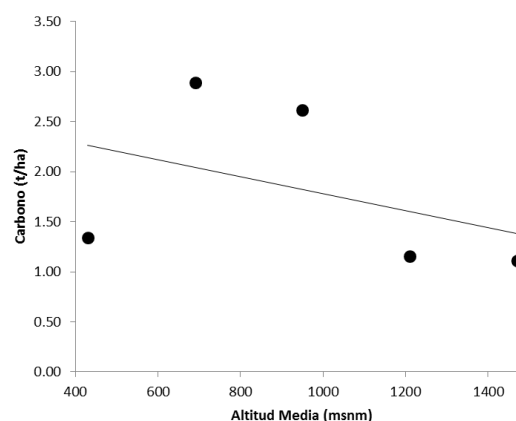


Figura 7. Contenido de carbono almacenado en hojarasca con ajuste al coeficiente de correlación de Pearson

La Figura 8, muestra la cantidad de carbono almacenado en raíces, el gradiente altitudinal 2 (560 – 820 msnm) presenta mayor cantidad de carbono almacenado; en el gradiente altitudinal 5 (1340 – 1600 msnm) se observa la menor cantidad de carbono almacenado en raíces.

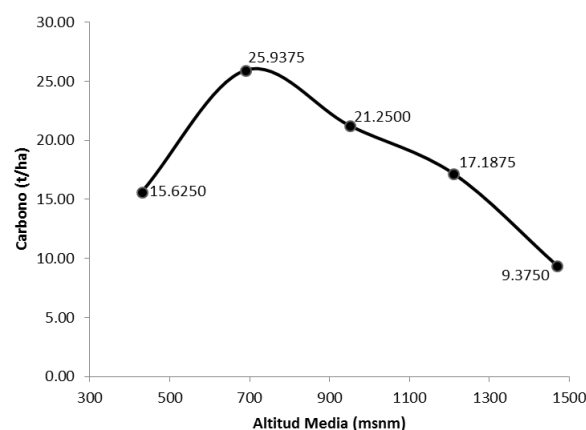


Figura 8. Carbono/hectárea en raíces en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha

Las estimaciones de biomasa radical basada en muestreos, arrojan diferentes resultados dependiendo de la metodología utilizada, tanto referido al tamaño de la muestra, a la profundidad de muestreo, como a la época del año en que se extrae la muestra, sumándose a estas variaciones el error de procesamiento de la muestra (16); la concentración de raíces de vegetación no arbórea (plantas herbáceas) es mayor en la capa superior del suelo, disminuyendo exponencialmente a la medida que aumenta la profundidad (6, 21). Debido a la amplia variabilidad en la distribución de las raíces en el suelo, es importante realizar una estratificación del suelo según la profundidad (5); las variaciones en la cantidad de carbono en raíces podrían ser el resultado de varios factores, dentro de los cuales destacan las dimensiones de las plantas, los estadios sucesionales y la respuesta a

los cambios ambientales (14, 22). Evidentemente, la porción de fitomasa arbórea total, perteneciente al sistema radicular en bosques primarios, varía con las condiciones locales (14) El coeficiente de Pearson calculado es de -0.54, existiendo una correlación inversa moderada.

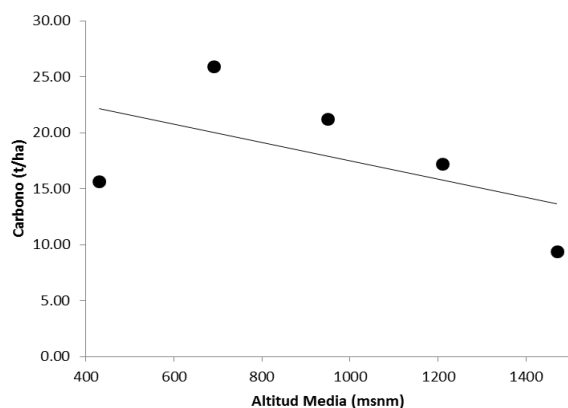


Figura 9. Contenido de carbono almacenado en raíces con ajuste al coeficiente de correlación de Pearson

En la Figura 10 se observa la cantidad total de carbono almacenado provenientes del suelo, hojarascas y raíces finas, observándose que el gradiente altitudinal 2 (560 - 820 msnm) presenta la mayor cantidad de carbono almacenado, Mientras que el gradiente altitudinal 5 (1340 a 1600 msnm) presenta la menor cantidad de carbono almacenado.

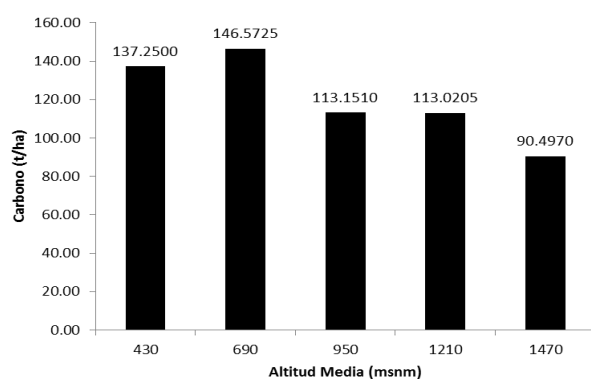


Figura 10. Carbono/hectárea en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha

En la Figura 11 se muestra el coeficiente de Pearson calculado, siendo de -0.91, existiendo una correlación inversa muy alta, demostrando que el contenido de carbono almacenado en los tres componentes (suelo, hojarasca y raíces) disminuye mientras la altitud aumenta; en la presente investigación se planteó como hipótesis: que los suelos ubicados a menor altitud sobre el nivel del mar presentan un mayor servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono, en comparación a los

suelos ubicados a una altitud mayor. Los resultados obtenidos de carbono almacenado en el suelo contrastan esta hipótesis como también el análisis de correlación de Pearson. Dicha tendencia está influenciada por las variaciones de los microclimas del bosque, la disminución de la temperatura, la variación de especies forestales, tamaño de las especies, menor descomposición de la materia orgánica, la respuesta a los cambios ambientales, tipo de suelo y pendientes del terreno.

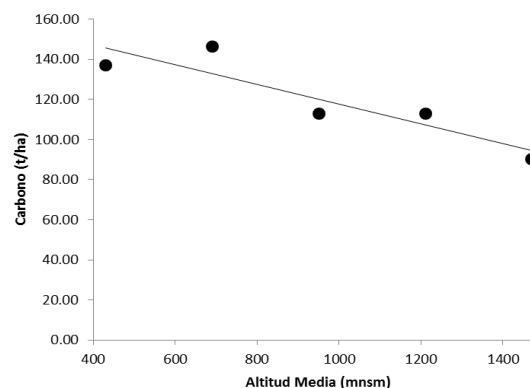


Figura 11. Contenido de carbono almacenado en los tres componentes con ajuste al coeficiente de correlación de Pearson

Conclusiones

1. El gradiente altitudinal 1 (300 – 560 msnm) presenta la mayor cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo, con 120.2853 t/ha; y el gradiente altitudinal 5 (1340 – 1600 msnm) presenta la menor cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo con 80.0102 t/ha, teniendo que a menor altitud, se tiene mayor cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo.
2. El mayor contenido de carbono almacenado en hojarascas se encontró en el gradiente altitudinal 2 (560 - 820 msnm) en el sector Comuñiz en la Reserva Comunal Yánesha, con 2.8920 t/ha, determinándose que a menores altitudes la cantidad de carbono almacenado en hojarasca son mayores.
3. El gradiente altitudinal 2 (560 - 820 msnm) presenta la mayor cantidad de carbono almacenado en raíces con 25.9375 t/ha, mientras que el gradiente altitudinal 5 (1340 – 1600 msnm) presenta la menor cantidad con 9.3750 t/ha.
4. Los cinco puntos de muestreo de carbono almacenado en el suelo en el sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha se encuentran en la zona transicional, bosque muy húmedo Premontano tropical, teniéndose una variación de carbono almacenado en los cinco puntos de muestreo desde los 90.4970 hasta las 146.5725 t/ha.

Referencias bibliográficas

1. SERNANP. Plan maestro 2011-2016, Reserva Comunal Yánesha. Palcazú, Perú; 2012.
2. INRENA. Mapa ecológico del Perú; Guía explicativa. Lima, Perú; 1995.
3. Schlegel B, Gayoso J, Guerra J. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile; 2001.
4. Higuchi N. Tamaño de parcelas muestral para inventarios forestales. Brasil; 1982.
5. MacDicken K. A guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development; 1997.
6. ICRAFF. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroforestal. Lima, Perú; 2009.
7. CATIE. Diseño de actividades REDD para la mitigación del cambio climático. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica; 2008.
8. Córdova P, Meléndez I, Navarro J, Almendro B, Mataix J. Dinámica de materia orgánica en el Parque Natural, El Hondo de Elche – Crevillente. Universidad Miguel Hernández de Elche, España; 2005.
9. Yepes A, Duque A, Navarrete D, Phillips J, Cabrera E, Corrales A, Alvarez E, Galindo G, García M, Idarraga A, Vargas D. Estimación de las reservas y pérdidas de carbono por deforestación en los bosques del departamento de Antioquia, Colombia. Actualidades Biológicas. Medellín. 2011; 33(95).
10. Zamora J. Implicaciones del cambio climático para el almacenamiento de carbono y la riqueza de especies en bosques naturales en Costa Rica. Tesis Msc. Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. CATIE. Turrialba, Costa Rica; 2011.
11. Castillo M, Linares G, Valera M, García N, Acevedo O. Modelación de la materia orgánica en suelos volcánicos de la región de Teziutlan, Puebla, México. Latinoamericana de Recursos Naturales. México. 2009; 5(2).
12. Martínez E, Fuentes J, Acevedo E. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Ciencia del suelo y nutrición vegetal. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. 2008; 8(1).
13. Hontoria C, Rodríguez J. Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España Peninsular. Edafología. Madrid, España. 2004; 11(2).
14. Rodríguez R, Jiménez J, Meza J, Aguirre O, Razo R. Carbono contenido en un bosque tropical sub caducifolio en la Reserva de la biosfera el cielo, Tamaulipas, México. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales. México. 2008; 4(2).
15. Schlatter J, Gerding V, Calderón S. Aporte de la hojarasca al ciclo biogeoquímico en plantaciones de Eucalyptus nitens. Bosque. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 2006; 27(2).
16. Doll U, Vallejos O, Bilbao N, Jara C. Estimación preliminar de la retención de carbono en raíces finas y mantillo de un renoval de Nothofagus Glauca de la pre cordillera andina de la Región del Maule, Chile. Bosque. Talca, Chile. 2008; 29(1).
17. Figueroa C. Comparación de la concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación en la sierra norte de Oaxaca. Tesis Ing. en restauración forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México; 2001.
18. Huber A, Schlatter J, Oyarzun C. Aporte en elementos nutritivos por la hojarasca de un bosque adulto. Bosque. Valdivia, Chile. 1986; 7(2).
19. Céspedes F, Fernández J, Gobbi J, PÉREZ L, Lertora R, Bernardis A. Contenido de carbono en hojarascas y raíces de un pastizal en el Chaco; Reunión de comunicaciones técnicas y de extensión. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nor Este. 2011.
20. Concha J, Alegre J, Pocomucha V. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de teobroma cacao en el departamento de San Martín, Perú. Ecología aplicada. Lima, Perú. 2007; 6(1,2).
21. Vaccaro S, Arturi M, Goya J, Frangi J, Piccolo G. Almacenaje de carbono en estadios de la sucesión secundaria en la provincia de Misiones, Argentina. Interciencia. Caracas, Argentina. 2003; 28(9).
22. Andrade J, Ibrahim M. Como monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles. Agroforestería en las Américas. 2003; 10 (39-40).